Iranian Food Science and Technology Research Journal
Homepage: https://ifstrj.um.ac.ir

Research Article
Vol. 20, No. 4, Oct.-Nov. 2024, p. 465-483

The Effect of Edible Coating with Alginate and Shirazi Thyme Essential Oil on the Qualitative Characteristics of Ber Fruit (*Ziziphus mauritiana* Lam.) during Storage

A. Rafaathaghighi[1], L. Jafari[2*], A. Mirzaalian Dastjerdi[3], F. Abdollahi[3]
1, 2 and 3- Ph.D. Graduated, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Horticulture, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: jafari.leila@hormozgan.ac.ir)

Received: 10.12.2023 Revised: 21.01.2024 Accepted: 31.01.2024 Available Online: 01.02.2024	**How to cite this article:** Rafaathaghighi, A., Jafari, L., Mirzaalian Dastjerdi, A., & Abdollahi, F. (2024). The effect of edible coating with alginate and Shirazi thyme essential oil on the qualitative characteristics of Ber fruit (*Ziziphus mauritiana* Lam.) during storage. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, *20*(4), 465-483. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/ifstrj.2024.85804.1301

Introduction

Ziziphus mauritiana, also known as Ber fruit, is a tropical fruit from the Rhamnaceae family with high nutritional value and a short shelf life. Edible coatings the surface of the fruit can play a positive role in increasing its shelf life. The application of alginate (Al), a linear polysaccharide derived from brown seaweed (*Macrocystis pyrifera*), which has the advantage of moisture retention, and also Shirazi thyme (*Zataria multiflora*) essential oil (ZEO), which contains antioxidant and antimicrobial compounds, can improve the fruit's characteristics and preserve its quality for a longer period. In recent years, the application of ZEO together with organic coatings in order to enhance the quality characteristics of different fruits during storage has been the focus of researchers. This study aims to investigate the effect of alginate coating and ZEO on the post-harvest and physicochemical characteristics of Ber fruit during storage at 6±1 C˚ and a relative humidity of 90-95%.

Material and Methods

This study was conducted to enhance the shelf life of Ber fruits by treating them with alginate (Al) and Shirazi thyme essential oil (ZEO). Ber fruits at their mature green stage were harvested in 2022 from a commercial orchard in Minab, Hormozgan province. After harvesting, the fruits were transported to the Horticulture Laboratory University of Hormozgan, to apply the treatments. Factors include six treatments (control, Shirazi thyme essential oil 0.5%, Shirazi thyme essential oil 1%, alginate, alginate + Shirazi thyme essential oil 0.5% and alginate + Shirazi thyme essential oil 1%) and five storage periods(zero, 7, 14, 21, 28 days). The treated fruits were then stored at 6±1 C˚, and relative humidity of 90-95% for 28 days. The factorial experiment was conducted as a completely randomized design with four replications, and ten fruits were used in each replication. Fruit parameters such as fruit weight loss, respiration rate, total soluble solids (TSS), organic acid, ascorbic acid, fruit firmness, carotenoids, and chlorophyll content were evaluated. Statistical analysis of data was done using SAS software. Figures were drawn using Excel software.

Results and Discussion

Based on the results of the analysis of variance, the main effects of time and treatment were significant ($P<0.01$) for all characteristics. Additionally, the interaction effect of treatment and time was significant ($P<0.01$) for all traits except for ascorbic acid. Comparisons of means showed that all treatments, maintained fruit quality compared to the control. The Al + ZEO treatment had a significant effect on reducing respiration rate. This combined treatment reduced weight loss, decay percentage, and fruit softening while slowing down the increase in TSS. The alginate coating and Shirazi thyme essential oil delayed ripening and subsequent fruit softening by

https://doi.org/10.22067/ifstrj.2024.85804.1301

reducing ethylene activity. Furthermore, the coated fruits had higher levels of ascorbic acid compared to the untreated fruits. These coatings are impermeable to water vapor and create a saturated atmosphere, preventing fruit evaporation and wrinkling, thus delaying ripening. The use of essential oils in the form of a semi-permeable layer also reduces respiration and surface transpiration by inhibiting the movement of oxygen, carbon dioxide, and moisture, playing a positive role in preserving fruit quality.

Conclusion

The aim of this study was to investigate the effect of alginate coating and Shirazi thyme essential oil on the post-harvest and physicochemical characteristics, as well as the shelf life of Ber fruit. The results clearly indicated the enhancement of fruit quality using edible coatings compared to the control. The combination of Al + ZEO (0.5%) had significantly positive effects on preserving the postharvest quality of Ber fruit. In fact, by creating a semi-permeable coating on the surface of the fruit, thyme essential oil and alginate lead to limiting the fruit respiration and metabolism and fungi growth, thus delaying the ripening process, increasing TSS and ascorbic acid and total acidity. According to these results, to reduce post- harvest losses and increase productivity of fruit, the use of 0.5% Shirazi thyme essential oil in combination with alginate coating is recommended due to its beneficial effects on the appearance and physicochemical characteristics of Ber fruit during storage.

Acknowledgement

The authors of this article express their gratitude and appreciation for the financial support from the Hormozgan Science and Technology Park and the University of Hormozgan.

Keywords: Ber fruit, Edible coating, Fruit quality, Respiration, Storage

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
https://ifstrj.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۲۰، شماره ۴، مهر-آبان ۱۴۰۳، ص. ۴۸۳-۴۶۵

تأثیر پوشش خوراکی آلژینات و اسانس آویشن شیرازی بر صفات کیفی میوه کنار هندی (*Ziziphus mauritiana* Lam.) در طول انبار

عالیه سادات رفعت حقیقی[۱]- لیلا جعفری[۲*]- عبدالمجید میرزاعلیان دستجردی[۳]- فرزین عبدالهی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۱

چکیده

میوه کنار (*Ziziphus mauritiana* Lam.) یک میوه استوایی با ارزش غذایی بالا و عمر انبار مانی کوتاه است. در تحقیق حاضر، میوه‌های کنار به‌منظور افزایش عمر انبارمانی، به‌صورت جداگانه با آلژینات و اسانس آویشن شیرازی (ZEO) نیم و یک درصد و یا در ترکیب با آلژینات و ZEO تیمار و سپس در دمای ۱±۶ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰٪ تا ۲۸ روز نگهداری شدند. نتایج نشان داد که تمامی تیمارهای پس از برداشت، کیفیت میوه را در مقایسه با شاهد تیمار نشده حفظ کردند. تیمار آلژینات + ZEO در کاهش سرعت تنفس مؤثر بود. این تیمار ترکیبی درصد کاهش وزن، درصد پوسیدگی و نرم شدن بافت میوه را کاهش داد و افزایش مواد جامد محلول را کند کرد. علاوه بر این، میوه‌های پوشش داده شده حاوی سطوح بالاتری از اسیدآسکوربیک در مقایسه با میوه‌های تیمار نشده بودند. این نتایج نشان داد که استفاده از ترکیب آلژینات و ZEO می‌تواند به تأخیر روند پیری میوه‌ها کمک کند و عمر انبارمانی آن‌ها را افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: انبارمانی، پوشش خوراکی، تنفس، کنار هندی، کیفیت میوه

مقدمه

کنار (*Zizyphus mauritiana* Lam.) میوه درختی از خانواده Rhamnaceae است. این گیاه به عناب هندی نیز معروف است و به شرایط خشک و نیمه‌خشک در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری سازگار است. میوه کنار، منبعی غنی از ترکیبات پلی‌فنل، اسید اسکوربیک، مواد معدنی ضروری و کربوهیدرات‌ها است (Pareek & Yahia, 2013). نشان داده شده است که نگهداری میوه کنار در دماهای بالا منجر به رشد قارچ‌های بیماری‌زا و در نتیجه افزایش تنفس و تولید اتیلن می‌شود که در نهایت منجر به کاهش کیفیت میوه می‌گردد. با این وجود، نگهداری میوه‌های کنار در دماهای پایین می‌تواند باعث آسیب سرمازدگی به میوه شود (Qiuping & Wenshui, 2007).

قهوه‌ای شدن یک فرآیند برگشت‌ناپذیر و نامطلوب در مرحله رسیدن و پیری میوه است و با یک سری تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی همراه است که منجر به کاهش کیفیت میوه از جمله تغییر رنگ، طعم، بافت و ارزش غذایی می‌شود (Mi Moon *et al.*, 2020). قهوه‌ای شدن پس از برداشت یکی از دلایل اصلی فساد بسیاری از میوه‌های تازه است و این پدیده به‌دلیل محتوای پلی‌فنل بالا و حساسیت به قهوه‌ای شدن، به‌ویژه در میوه‌های کنار بسیار مهم است (Krishna *et al.*, 2018). این پدیده همچنین می‌تواند خواص حسی و ارزش غذایی میوه را از بین ببرد. قهوه‌ای شدن آنزیمی به‌طور کلی ناشی از اکسیداسیون ترکیبات فنلی است که توسط فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز (PPO) کاتالیز می‌شود و در نهایت منجر به تشکیل رنگ قهوه ای در میوه می‌شود (Zheng *et al.*, 2019).

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش‌آموخته دکتری، استادیار و دانشیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: jafari.leila@hormozgan.ac.ir)

https://doi.org/10.22067/ifstrj.2024.85804.1301

اثرات مفید متعدد استفاده از پوشش‌های خوراکی در میوه‌های مختلف از جمله اثرات مثبت آنها در کاهش رطوبت و شاخص قهوه‌ای شدن در گواوا (Etemadipoor *et al.*, 2020)، کاهش پوسیدگی و آسیب سرمازدگی در پرتقال و بهبود ویژگی‌های کیفی و افزایش قابلیت نگهداری میوه گواوا اثبات شده است (Etemadipoor *et al.*, 2019).

آلژینات یک پلی‌ساکارید خطی است که از جلبک قهوه‌ای (*Macrocystis pyrifera*) به‌دست می‌آید. به‌عنوان یک فیلم خوراکی دارای مزایای زیادی از جمله غیر سمی بودن، حفظ رطوبت بالا و قابلیت ژل‌سازی خوب، زیست سازگاری آن با سایر اجزا و هزینه نسبتا پایین می‌باشد (Hashemi *et al.*, 2021b).گزارش شده است که کاربرد پوشش‌های آلی خوراکی از جمله آلژینات در میوه انبه باعث افزایش محتوای کل فنل‌ها، فلاونوئیدها و آنتی‌اکسیدان‌های کل می‌شود و در عین حال با حفظ کیفیت میوه، کاهش وزن آن را محدود می کند (Ehteshami *et al.*, 2021).

مطالعات اخیر نشان داده است که افزودن اسانس‌های حاوی آنتی‌اکسیدان ضد میکروبی و خواص آبگریز می‌تواند ویژگی‌های میوه را بهبود بخشد و سبب حفظ یکپارچگی سلولی و سفتی میوه شود همچنین با افزایش ایمنی میکروبی کیفیت میوه‌های تازه را حفظ نماید. (Murmu & Mishra, 2018).

آویشن شیرازی (*Zataria multiflora* Boiss) یک گیاه دارویی مهم بومی فلات ایران است که اثرات ضد میکروبی و فعالیت آنتی اکسیدانی قوی دارد (Hashemi *et al.*, 2021a). فنل‌های اصلی در ترکیب اسانس آویشن شیرازی کارواکرول، تیمول و اوژنول هستند که تصور می‌شود به پتانسیل آنتی‌اکسیدانی قوی آنها کمک می‌کنند (Hashemi *et al.*, 2021b). گزارش شده است که اسانس آویشن شیرازی (ZEO) در ترکیب با پوشش‌های خوراکی کربوکسی متیل سلولز (CMC) باعث افزایش فعالیت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و افزایش سطح فنل‌ها در میوه‌ها می‌شود (Dashipour *et al.*, 2015). علاوه بر این، ثابت شده است که افزودن ZEO به پوشش‌های خوراکی، کاربرد و اثربخشی مواد را برای بسته‌بندی افزایش می‌دهد و در عین حال آنها را به شکل‌های زیست‌تخریب‌پذیرتر تبدیل می‌کند (Hashemi *et al.*, 2021c). در واقع کاربرد ZEO روی پوشش‌های آلی باعث غنی‌سازی پوشش با ترکیبات فنلی، افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش آلودگی به مخمر و کپک در پسته تازه می‌شود (Hashemi *et al.*, 2021b). در مطالعات مشابه، ترکیب صمغ عربی و ZEO در یک پوشش خوراکی منجر به کاهش فعالیت پلی‌فنل‌اکسیداز و افزایش محتوای فنلی، فعالیت فنیل‌آلانین آمونیاک‌لیاز و نسبت اسیدهای چرب اشباع/غیراشباع در مغز پسته شد (Hashemi *et al.*, 2021a).

با توجه به این‌که کنار هندی از جمله میوه‌های مهم اقتصادی مناطق جنوبی کشور می‌باشد و از یک طرف تاکنون تحقیقات بسیار محدودی روی حفظ ویژگی‌های پس از برداشت میوه آن انجام شده است و از طرفی دیگر میوه کنار بسیار فسادپذیر است، لذا این مطالعه با هدف بررسی تأثیر کاربرد پوشش آلژینات و اسانس آویشن شیرازی (ZEO) بر ویژگی‌های ظاهری و فیزیکوشیمیایی میوه کنار در شرایط انبار در دمای ۱±۶ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰٪ پرداخته است.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

میوه‌های کنار هندی در مرحله سبز بالغ با پارامترهای رنگ سنجی $L^*= 57.30, a^*= -16.16 , b^*= 41.29$ درسال ۱۴۰۱ از یک باغ تجاری در شهرستان میناب در استان هرمزگان برداشت شدند. سپس میوه‌های برداشت شده برای اعمال تیمارها به آزمایشگاه علوم باغبانی دانشگاه هرمزگان منتقل شدند. در آزمایشگاه میوه‌های تازه، سالم و یکنواخت، بدون آسیب مکانیکی و تغییر رنگ جدا شدند و به مدت ۱ دقیقه در هیپوکلریت سدیم (محلول ۰/۵ درصد) به‌منظور گندزدایی غوطه‌ور و سپس قبل از خشک شدن در هوا، به‌مدت ۳۰ دقیقه در آب مقطر شستشو داده شدند.

محلول‌های پوشش خوراکی آلژینات سدیم بر اساس روش گزارش شده توسط هاشمی و همکاران تهیه شد (Hashemi *et al.*, 2021b) و آلژینات سدیم غذایی، گلیسرول و روغن آفتابگردان از شرکت سیگما-آلدریچ کمیکال (آلمان) و اسانس آویشن شیرازی از شرکت باریج اسانس (کاشان، ایران) تأمین شد. تیمارهای مورد ارزیابی در این مطالعه عبارت از شاهد (بدون پوشش)، اسانس آویشن شیرازی نیم درصد، اسانس آویشن شیرازی یک درصد، آلژینات یک درصد، آلژینات یک درصد + اسانس شیرازی نیم درصد و آلژینات یک درصد + اسانس آویشن شیرازی یک درصد بودند.

آماده‌سازی پوشش‌ها

برای تهیه پوشش‌های خوراکی ۱ و ۱/۵ درصد (w/v) به‌ترتیب ۱ و ۱/۵ گرم پودر آلژینات سدیم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر پخش شد. محلول‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شدند و تا زمانی که مخلوط شفاف ظاهر شود، هم زدن ادامه یافت. سپس ۱/۵٪ (w/v) گلیسرول و ۰/۰۲۵٪ (w/v) روغن آفتابگردان اضافه شد و در نهایت اسانس آویشن شیرازی در غلظت‌های ۰/۵ درصد و ۱ درصد وزنی اضافه شد. همه پوشش‌ها به‌مدت ۵ دقیقه قبل از اعمال، هموژنیزه شدند.

آماده‌سازی تیمارها

برای این منظور، میوه‌ها به‌مدت دو دقیقه در محلول پوشش، غوطه ور شدند. سپس به‌مدت دو دقیقه در کلریدکلسیم (۲٪ وزنی) غوطه‌ور شدند تا امکان تشکیل ژل فراهم شود و در دمای ۲±۲۵ درجه سانتی گراد دردمای محیط به‌مدت یک ساعت خشک شدند (Hashemi *et al.*, 2021b).

ده عدد میوه کنار هندی در هر ظرف پلی‌پروپیلنی به ابعاد ۱۲×۱۵/۵×۱۰/۵ سانتی‌متر قرار داده شدند. هر تیمار چهار بار تکرار شد و در هر تکرار تیمارها بطور مستقل اعمال شدند (میوه‌ها در محلول‌های جداگانه مربوط به هر تیمار غوطه‌ور شدند). پس از اعمال تیمارها، میوه‌های تیمار شده به‌مدت صفر، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روز در سردخانه با دمای ۱ ±۶ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰ تا ۹۵٪ قرار گرفتند (Etemadipoor *et al.*, 2019).

ارزیابی صفات مورد آزمایش

کاهش وزن

درصد کاهش وزن میوه با اندازه‌گیری وزن میوه در ابتدای آزمایش (وزن اولیه) و وزن همان میوه در فواصل معین در طول نگهداری در انبار در هر مرحله (وزن ثانویه) توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم ارزیابی شد (Ali *et al.*, 2010). درصد کاهش وزن با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد.

(۱) ۱۰۰×(وزن اولیه/ (وزن ثانویه – وزن اولیه))= درصد کاهش وزن

سرعت تنفس میوه

برای اندازه‌گیری سرعت تنفس میوه از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) شرکت پرکین المر آمریکا استفاده شد. برای این منظور، مقدار تولید دی‌اکسیدکربن ناشی از تنفس میوه در یک ظرف سربسته توسط دستگاه GC قرائت گردید. مقدار دی‌اکسیدکربن تولیدی بر اساس استاندارد خالص این ترکیب تخمین زده شد. روش کار بدین صورت بود که میوه ابتدا پس از گذراندن دوره انبارمانی به‌مدت چند ساعت در درون ظرف مخصوص کاملاً ایزوله از محیط بیرون، قرار گرفت و پس از کالیبره کردن دستگاه GC، توسط سرنگ مخصوص یک میلی‌لیتری، هوای درون ظرف میوه به جایگاه دستگاه GC تزریق شد. سپس بعد از گذراندن چند دقیقه، مقدار دی‌اکسید کربن اندازه‌گیری شده توسط دستگاه یادداشت و با اندازه‌گیری وزن و حجم میوه و زمان نگهداری در ظرف و حجم ظرف براساس استاندارد خالص این ترکیب با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد (Ali *et al.*, 2010).

CO_2= [(V_{jar}-V_{fruit})/(W_{fruit}×T×100)]×[Sample Area/Standard Area] (۲)

که در این رابطه CO_2 مقدار دی‌اکسید کربن (mL/Kg h)، V_{jar} حجم ظرف (mL)، V_{fruit} حجم میوه (mL)، W_{fruit} وزن میوه (Kg)، T زمان نگهداری میوه در ظرف (h)، Sample Area عدد قرائت شده توسط دستگاه برای نمونه مورد نظر و Standard Area عدد قرائت شده توسط دستگاه برای دی‌اکسیدکربن خالص است.

سفتی میوه

برای تعیین سفتی بافت گوشت میوه ابتدا پوست میوه در دو نقطه در بخش استوایی جدا شده و سپس با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج دیجیتال (Turoni, 53205, Italy) با قطر پروب ۸ میلی‌متر، اندازه‌گیری شد. سفتی بافت گوشت میوه بر اساس بیشترین نیروی لازم برای نفوذ عمودی قسمت سر پروب به میوه بر حسب واحد نیوتن بیان گردید (Ehteshami *et al.*, 2021).

شاخص درصد پوسیدگی میوه

درصد پوسیدگی میوه به‌صورت مشاهده‌ای در پنج درجه شامل صفر: سطح میوه عاری از هر گونه علامت پوسیدگی، یک: کمتر یا مساوی ۵٪ سطح میوه دارای آلودگی، دو: بیشتر از ۵٪ و کمتر یا مساوی ۲۰٪ از سطح میوه دارای علامت بیماری، سه: بیشتر از ۲۰٪ و کمتر یا مساوی ۵۰٪ از سطح میوه دارای علامت پوسیدگی، چهار: بیشتر از ۵۰٪ از سطح میوه دارای علامت پوسیدگی، نمره‌دهی شد. شاخص پوسیدگی با استفاده از رابطه (۳) محاسبه گردید (Wang *et al.*, 2009):

(۳)

/[(تعداد میوه در هر درجه پوسیدگی)×(درجه پوسیدگی)]∑= شاخص پوسیدگی (تعداد کل میوه در هر تکرار)

اسید قابل تیتراسیون

برای اندازه‌گیری اسیدهای آلی از روش تیتراسیون استفاده شد. برای این منظور ابتدا ۵ میلی‌لیتر از عصاره میوه در ارلن ۱۰۰ میلی‌لیتر ریخته شد، سپس به آن ۴۵ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. در مرحله بعد به محلول آماده شده ۲ الی ۳ قطره فنل فتالئین یک درصد اضافه شد. عمل تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال تا زمانی ادامه یافت که pH عصاره به عدد ۸/۲ رسید یا رنگ محلول حاوی عصاره میوه به‌رنگ ارغوانی متمایل به‌صورتی تغییر نمود. درنهایت میزان سود مصرفی در عمل تیتراسیون یادداشت شد و میزان اسید قابل تیتر میوه با استفاده از رابطه (۴) محاسبه شد (Saltveit, 2005).

TA (%) = [(V×N×Meqwt) /Y×1000) ×100 (۴)

که در این رابطه TA% درصد اسید قابل تیتر برحسب اسیدسیتریک، V حجم سود مصرف شده در تیتراسیون (میلی‌لیتر)، N نرمالیته سود مصرفی که برابر ۱٪ بود، Meq میلی‌اکی‌والان اسید غالب میوه کنار هندی اسیدسیتریک می‌باشد که برابر با ۰/۰۶۴ درنظر گرفته شد و Y میلی‌لیتر حجم آب میوه مصرفی بود.

مواد جامد محلول کل

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول موجود در عصاره میوه کنار هندی از دستگاه رفراکتومتر دیجیتالی (DBR95, Taiwan) استفاده شد. در ابتدا برای کالیبره کردن دستگاه با ریختن چند قطره آب مقطر آن را کالیبره کرده و سپس چند قطره از عصاره میوه را روی صفحه منشور دستگاه ریخته و با فشار دادن دکمه ثبت، میزان درصد مواد جامد محلول برحسب درجه بریکس قرائت و ثبت گردید (Etemadipoor *et al*., 2020).

آسکوربیک‌اسید

مقدار آسکوربیک‌اسید با روش اسپکتروفتومتری و با استفاده از نمودار استاندارد اسید آسکوربیک اندازه‌گیری شد. در ابتدا مقدار ۵۰ ماکرولیتر از آب میوه را با ۵ میلی‌لیتر متافسفریک ۱٪ مخلوط کرده سپس مقدار۵۰۰ ماکرولیتر از محلول آماده‌شده را برداشته و با ۵ میلی لیتر ایندوفنل مخلوط گردید (محلول ارغوانی رنگ حاصل می‌شود) سپس بعد از انجام ورتکس میزان جذب با دستگاه اسپکتروفتومتر (CE2501 Cecil, UK) در طول‌موج ۵۱۰ نانومتر قرائت گردید. منحنی استاندارد با استفاده از غلظت‌های صفر تا ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید ال-آسکوربیک به‌دست آمد. مقدار اسکوربیک اسید میوه برحسب میلی‌گرم اسید آسکوربیک در هر ۱۰۰ گرم وزن تر محاسبه شد (Etemadipoor *et al*., 2019).

محتوای کارتنوئید و کلروفیل کل

میزان کلروفیل و کارتنوئید براساس روش (Lichtenthaler & Buschmann, 2001) ارزیابی شدند. ابتدا مقدار نیم گرم از بافت میوه با ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰% در هاون چینی سائیده و سپس به‌مدت ۱۰ دقیقه با دور ۶۰۰۰ سانتریفیوژ شدند. درنهایت با دستگاه اسپکتروفتومتر (UV/VIS, Perkin Elmer, USA) جذب نمونه‌ها در طول موج‌های ۴۷۵، ۶۴۵ و ۶۶۳ قرائت شدند و برای اندازه‌گیری میزان کلرفیل a (Chla)، کلروفیل b (Chlb)، کلروفیل کل (ChlT) و کاروتنوئید (Car) از روابط ۵ تا ۸ استفاده شد.

$$Chla=(12.25A_{663}-2.79A_{645})*V/W*1000 \quad (۵)$$

$$Chlb=(21.21A_{645}-5.1A_{663})*V/W*1000 \quad (۶)$$

$$ChlT= Chla + Chlb \quad (۷)$$

$$Car = ((1000A_{475}-1.8Chla-5.02Chlb)/198)*V/W*1000 \quad (۸)$$

ارزیابی حسی کیفیت میوه

ارزیابی حسی کیفیت میوه کنارهندی بر اساس ارزیابی پنج نقطه‌ای هدونیک طراحی شد. ارزیاب‌ها ۲۰ نفر شامل مرد و زن بودند که از نظر سنی بین ۲۰ تا ۶۰ سال قرار داشتند. میوه‌ها به‌صورت تازه و در شرایط یکسان جهت ارزیابی به ارزیاب‌ها ارائه شدند و این افراد بر اساس مزه و طعم، بو، رنگ و ظاهر میوه، درنهایت کیفیت کلی میوه را بررسی کردند و بر اساس مقیاس هدونیک پنج نقطه‌ای امتیاز دادند. امتیاز ۱: بسیار بد، امتیاز ۲: بد، امتیاز ۳: متوسط، امتیاز۴: خوب و امتیاز ۵: بسیارخوب در نظر گرفته شد (Ameh *et al*., 2015).

طرح آماری و آنالیز داده‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و تعداد ده میوه در هر تکرار اجرا شد. فاکتورها شامل شش تیمار (شاهد، اسانس آویشن شیرازی ۰/۵ درصد، اسانس آویشن شیرازی یک درصد، آلژینات، آلژینات + اسانس آویشن شیرازی ۰/۵ درصد و آلژینات + اسانس آویشن شیرازی یک درصد) و پنج زمان (صفر، ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸ روز) اندازه‌گیری صفات (درصد کاهش وزن، سرعت تنفس، درصد پوسیدگی، سفتی، اسید قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول کل، اسید آسکوربیک، کاروتنوئید و کلروفیل کل) بود. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گردید. رسم شکل‌ها نیز به‌وسیله نرم‌افزار اکسل صورت پذیرفت.

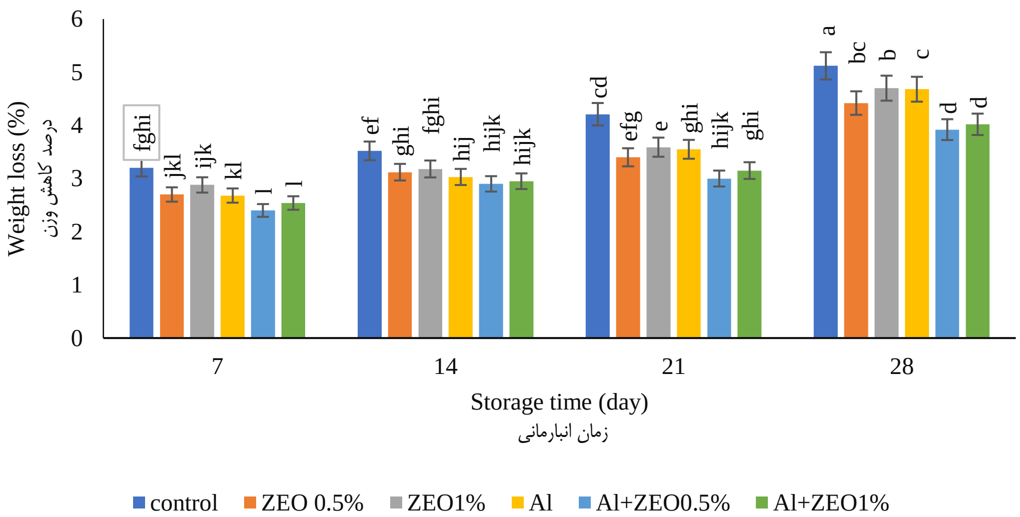
نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر ساده زمان و تیمار در همه صفات در سطح یک درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل تیمار در زمان، در تمامی صفات به جز اسیدآسکوربیک در سطح یک درصد معنی‌دار شد.

کاهش وزن

مقایسه میانگین درصد کاهش وزن میوه کنار تحت تأثیر اثر متقابل زمان و تیمار نشان داد که درصد کاهش وزن در طول زمان در تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت؛ به‌طوری‌که بیش‌ترین درصد کاهش وزن در شاهد در روز ۲۸ام (۵/۱ درصد) مشاهده گردید. در تیمارها نیز میزان درصد کاهش وزن در طول زمان افزایش یافت ولی این افزایش به‌طور معنی‌داری کمتر از شاهد بود (شکل ۱).

پس از گذشت ۲۸ روز از انبارمانی تیمار شاهد بیشترین میزان کاهش وزن را نشان داد، اما تیمار آلژینات به‌همراه اسانس آویشن شیرازی نسبت به سایر تیمارها، به‌طور معنی‌داری تأثیر بیشتری بر کاهش از دست‌دادن وزن داشت به‌طوری‌که ۲۳/۸ درصد سبب کمتر شدن کاهش وزن نسبت به شاهد شد. کاهش وزن میوه‌ها و سبزی های تازه، عمدتاً به‌دلیل از دست‌دادن آب در نتیجه فرآیندهای تنفس و تعرق است (Hernandez-Munoz *et al*., 2008). پوشش آلژینات با ایجاد یک مانع فیزیکی در برابر از دست دادن رطوبت و درنتیجه به تعویق انداختن پیری و چروکیدگی منجر به حفظ وزن در محصولات می‌شود (Fan *et al*., 2009). نتایج حاصل از کاربرد پوشش خوراکی آلژینات‌سدیم بر روی میوه توت‌فرنگی (Pooraziz *et al*., 2019) و آلو (Valero *et al*., 2013,) نیز نشان‌دهنده تأثیر این پوشش در کاهش از دست‌دهی وزن است. استفاده از پوشش خوراکی جهت کاهش آب از دست‌دهی میوه، به خاطر تأثیر پوشش به‌عنوان سد نیمه نفوذپذیر در برابر اکسیژن، دی‌اکسیدکربن، رطوبت و حرکت حلال و در نتیجه کاهش تنفس، کاهش آب ازدست‌دهی و کاهش سرعت واکنش‌های اکسیداسیون است (Hashemi *et al*., 2021a). نتایج نشان می‌دهد که خاصیت هیدروفوبیک اسانس در پوشش‌خوراکی آلژینات می‌تواند مانع خوبی را برای کاهش تبخیر رطوبت فراهم آورد (Choi *et al*., 2016). کاهش نفوذپذیری به بخار آب، ممکن است به‌دلیل پیوند کووالانت و هیدروژن بین ترکیبات پلی‌فنولیک اسانس و ماتریکس آلژینات باشد که تمایل گروه‌های هیدروفیلیک در باند شدن با آب را محدود می‌کند و در نهایت به کاهش نفوذپذیری پوشش ترکیبی به سمت آب منجر می‌شود (Siripatrawan *et al*., 2010).



شکل ۱- اثر پوشش آلژینات و اسانس آویشن شیرازی بر کاهش وزن (٪) میوه کنار هندی که در دمای ۱±٦ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۸ روز انبارمانی به علاوه یک روز ماندگاری در دمای محیط. (ZEO=اسانس آویشن شیرازیِ و AL=آلژینات)

ستون‌های با حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

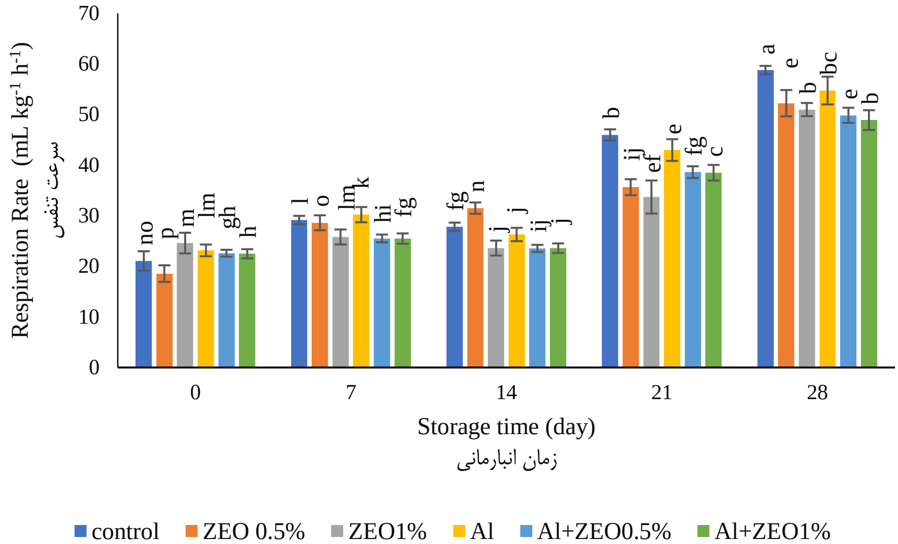
Fig. 1. The effect of Al coating and ZEO on the Weight loss (%) of Ber fruit stored at 6±1°C for 28 days plus one day shelf life at ambient temperature. (ZEO: *Zataria multiflora* essential oil; Al: alginate)

The columns with the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test.

سرعت تنفس

بررسی نتایج اثر متقابل زمان و تیمار بر سرعت تنفس میوه کنار نشان داد که سرعت تنفس در طول زمان در تیمار شاهد افزایش یافته است؛ به‌طوری‌که در روز ۲۸ام بیش‌ترین سرعت تنفس در تیمار شاهد (۵۸/۷۸ mLKg^{-1} h^{-1}) و کمترین سرعت تنفس در تیمار آلژینات + اسانس آویشن شیرازی یک درصد (۴۸/۹ mLKg^{-1}h^{-1}) مشاهده گردید. در تیمارها نیز میزان سرعت تنفس در طول زمان افزایش یافت ولی این افزایش در تیمار آلژینات + آویشن به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها بود (شکل ۲). کاهش وزن میوه با افزایش چروکیدگی و کاهش شفافیت، ضررهای اقتصادی بزرگی را به همراه دارد که بیشتر به علت فعالیت متابولیکی، تبخیر رطوبت از سطح پوست و تنفس است (Abad Ullah *et al*., 2017). در حالی‌که نتایج برخی مطالعات نشان داده است که پوشش‌های آلی نسبت به بخار آب نفوذناپذیر بوده و با به وجود آوردن اتمسفری اشباع از رطوبت، از تبخیر و چروکیدگی میوه جلوگیری می‌کنند. این پوشش‌ها به‌دلیل غیر قابل نفوذ بودن نسبت به ملکول‌های اکسیژن و دی‌اکسید کربن، اتمسفری تغییر داده شده در

اطراف میوه به وجود می‌آورند که باعث کاهش تنفس و تأخیر در پیری و نرم شدن آن می‌شوند. اسانس‌های روغنی نیز با تشکیل یک لایه نیمه نفوذپذیر، هر چند اجازه عبور برخی مولکول‌های کوچک مشخص را می‌دهد اما با مانع شدن در برابر حرکت اکسیژن، دی‌اکسیدکربن و رطوبت، باعث کاهش تنفس و تعرق سطح میوه می‌شود (Hashemi *et al*., 2021a).



شکل ۲- اثر پوشش آلژینات و اسانس آویشن شیرازی بر سرعت تنفس میوه کنار هندی که در دمای ۱±٦ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۸ روز انبارمانی به علاوه یک روز ماندگاری در دمای محیط. (ZEO=اسانس آویشن شیرازی و AL=آلژینات)

ستون‌های با حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 2. The effect of Al coating and ZEO on the Respiration (mg) of Ber fruit stored at 6±1°C for 28 days plus one day shelf life at ambient temperature. (ZEO: *Zataria multiflora* essential oil; Al: alginate)

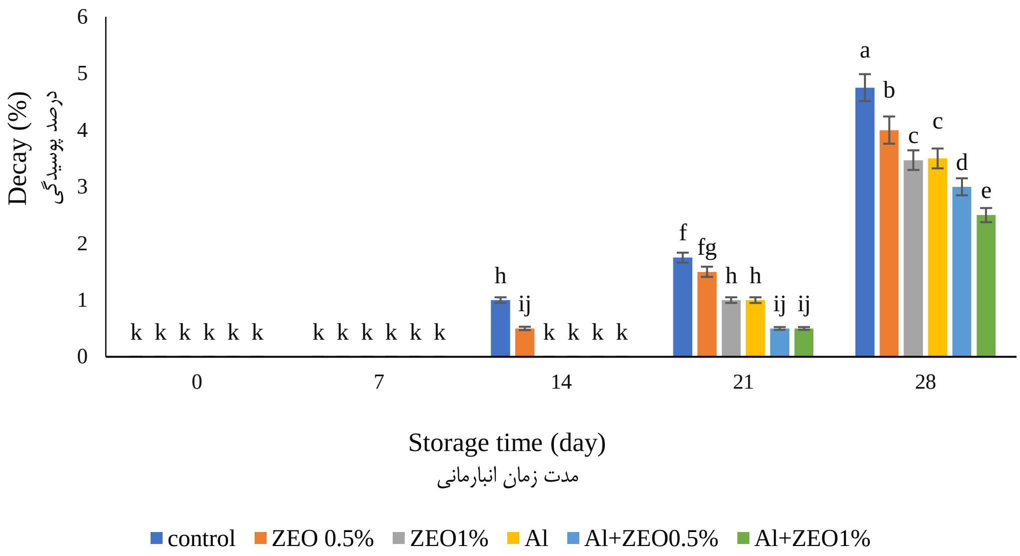
The columns with the same letters are not significantly different according to DUNCAN te Duncan's multiple range test st.

درصد پوسیدگی

مقایسه میانگین درصد پوسیدگی میوه حاکی از آن است که این صفت در طول زمان در تیمارها تا روز ۱۴ام به جز در نمونه‌های شاهد و تیمار اسانس آویشن ۰/۵ درصد، تغییر معنی‌داری نکرد اما پس از آن با افزایش زمان انبارمانی افزایش یافت. در بین تیمارها نیز تیمار آلژینات + اسانس آویشن ۰/۵ و ۱ درصد توانستند درصد پوسیدگی میوه را تا آخرین روز نگهداری در انبار به‌طور معنی‌داری کاهش دهند. سایر تیمارها نیز ظاهر میوه را نسبت به شاهد بیشتر حفظ کردند (شکل ۳). در تأیید این نتایج، گزارش شده است که پوشش خوراکی آلژینات سدیم در میوه توت فرنگی موجب کاهش پوسیدگی میوه می‌شود (Fan *et al*., 2009). در واقع پوشش‌های خوراکی با ایجاد پوشش محافظتی روی سطح میوه می‌توانند از تخریب بافت میوه ناشی از پوسیدگی جلوگیری نمایند. از سویی دیگر این پوشش‌ها موجب ایجاد یک لایه نیمه نفوذناپذیر در اطراف میوه گردیده و باعث ایجاد شرایط اتمسفر داخلی تغییریافته (کاهش O_2 و CO_2) می‌شوند و میوه را از رشد عوامل بیماری‌زا محافظت می‌کنند (Rojas Grau *et al*., 2008). همچنین ثابت شده است که افزودن اسانس‌ها به پوشش‌های خوراکی می‌تواند عمر انبارمانی میوه‌ها را (در صورتی که غلظت مناسبی از اسانس به‌کار برده شود) به علت داشتن فعالیت ضدمیکروبی افزایش دهد، زیرا ترکیبات اسانس‌ها به مرور زمان روی سطح محصول آزاد می‌شود (Bonilla *et al*., 2012).

سفتی

بررس نتایج شکل ۴ نشان داد که سفتی میوه در طول زمان در تیمارها و شاهد با افزایش زمان انبارمانی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به‌طوری‌که در پایان دوره نگهداری کم‌ترین میزان سفتی میوه در تیمار شاهد (۳۱ نیوتن) و بیشترین میزان سفتی در تیمار آلژینات + اسانس آویشن شیرازی نیم درصد (۴۱/۵ نیوتن) مشاهده شد. در بین تیمارهای مورد استفاده نیز میزان سفتی میوه در طول زمان کاهش یافت ولی این کاهش بسیار کمتر از شاهد بود. نتایج حاصل از این آزمایش، نشان‌دهنده تأثیرگذار بودن آلژینات در ترکیب با اسانس آویشن در حفظ سفتی میوه کنار است.



شکل ۳- اثر پوشش آلژینات و اسانس آویشن شیرازی بر درصد پوسیدگی میوه کنار هندی که در دمای ۱±٦ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۸ روز انبارمانی به علاوه یک روز ماندگاری در دمای محیط. (ZEO=اسانس آویشن شیرازیِ و AL=آلژینات)

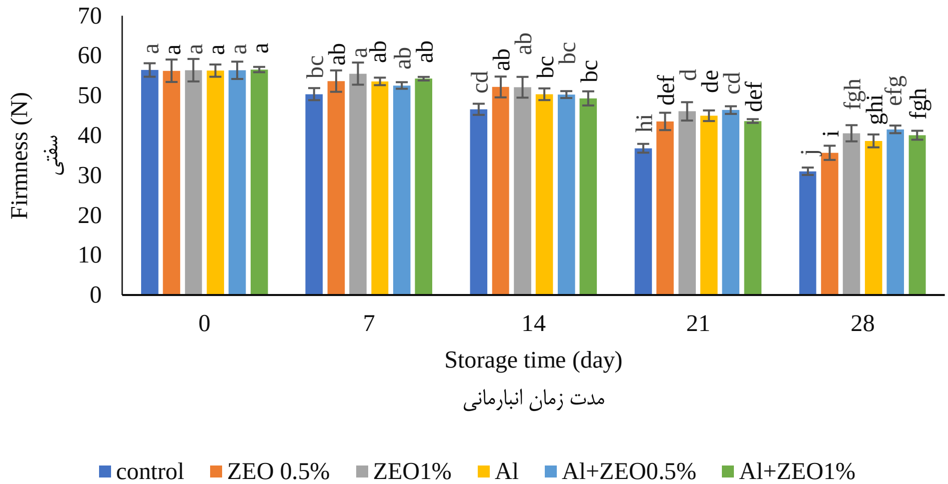
ستون‌های با حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 3. The effect of Al coating and ZEO on the Decay (%) of Ber fruit stored at 6±1°C for 28 days plus one day shelf life at ambient temperature. (ZEO: *Zataria multiflora* essential oil; Al: alginate)

The columns with the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test.

به‌نحوی‌که با وجود کاهش میزان سفتی با گذشت زمان انبارمانی، تیمارها توانستند سفتی میوه را نسبت به تیمار شاهد حفظ کنند. نتایج ما با برخی آزمایشات دیگر هم‌خوانی داشت به‌طوری‌که در آزمایشی استفاده از پوشش آلژینات‌سدیم اثر سودمندی روی حفظ سفتی ورقه های گلابی در طول دوره نگهداری نشان داد. از آنجایی‌که در این مطالعه در فرمولاسیون این پوشش از روغن آفتابگردان استفاده شده است، موجب حفظ رطوبت و در نتیجه باعث حفظ سفتی بافت محصول شد (Ahmadzade Ghavidel *et al*., 2011). همراستا با نتایج این گزارش، پوشش‌دهی میوه با آلژینات‌سدیم حاوی اسانس علف لیمو موجب حفظ سفتی قطعات بریده شده آناناس (Azarakhsh *et al*., 2014) و قطعات بریده شده خربزه (Raybaudi-Massilia *et al*., 2008) شده است. سفتی میوه‌های توت فرنگی تیمار شده با آلژینات به‌تنهایی و در ترکیب با اسانس اوژنول و سیترال نسبت به میوه‌های شاهد بهتر حفظ شد (Guerreiro *et al*., 2015a). کاربرد آلژینات روی قطعات تازه برش یافته سیب نیز با جلوگیری از کاهش رطوبت و آماس در حفظ سفتی بافت مؤثر بود (Rojas-Grau *et al*., 2007). همچنین هاشمی و همکاران (Hashemi et al., 2021a) گزارش کردند که کاربرد پوشش‌های خوراکی پلی‌ساکاریدی صمغ عربی و آلژینات سدیم در ترکیب با اسانس آویشن روی پسته‌های تازه طی دوره انباری در حفظ سفتی پوسته رویی میوه مؤثر بودند. کاربرد کیتوزان در ترکیب با اسانس آویشن به‌علت اثرات سینرژیستیک پوشش و اسانس آویشن به‌طور قابل توجهی در حفظ سفتی قارچ دکمه ای نقش داشت (Jiang *et al*., 2011). از آنجایی‌که پوشش‌های خوراکی به‌همراه نرم‌کننده‌ها ممانعت‌کننده‌های خوبی برای رطوبت هستند و نقل و انتقال رطوبت به داخل دانه و خارج از آن را محدود می سازند. لذا میوه رطوبت کمتری از دست داده و احتمالاً همین امر باعث شده است تا نمونه‌های پوشش داده شده با ژلاتین سفتی بیشتری داشته باشند (Wittaya, 2012). مارتینز و همکاران (Martinez *et al*., 2003) نیز بیان کردند که استفاده از اسانس‌ها در ترکیب با پوشش های خوراکی با کاهش یا جلوگیری از فعالیت‌های آنزیم‌های تجزیه کننده پکتین و ممانعت از پوسیدگی از طریق کنترل فعالیت میکروبی موجب حفظ سفتی بافت میوه، کاهش تولید اتیلن و کند شدن روند نرم شدن میوه شده و رسیدگی را به تأخیر می‌اندازد. سفتی از مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی است که قضاوت مصرف‌کننده و در نتیجه پذیرش توسط مصرف‌کننده را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در طی انبارمانی فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پکتین که پروتوپکتین را به پکتین‌های محلول در آب تجزیه می‌کند از یک طرف و کاهش فشا تورژسانس سلولی که منجر به شکستن دیواره سلولی می‌شود از طرف دیگر،

منجر به نرم‌شدن میوه می‌گردد (Wang & Gao, 2013). دلیل حفظ سفتی میوه به‌وسیله پوشش آلژینات، ایجاد یک اتمسفر داخلی مناسب در میوه‌های پوشش‌داده شده است که منجر به کاهش متابولیسم میوه کنار و افزایش ماندگاری آن می‌گردد (Fan *et al*., 2009). به‌طور کلی، پوشش‌ها روند نرم‌شدن میوه را کند می‌کنند که احتمالاً ناشی از خواصی است که منجر به ممانعت پوشش در جذب O_2 است که منجر به کاهش فعالیت‌های متابولیکی شده و در نتیجه فرآیند رسیدن و پیری را به تأخیر انداخته و از این طریق سبب حفظ سفتی میوه می گردد (Sogvar *et al*., 2016).



شکل ٤- اثر پوشش آلژینات و اسانس آویشن شیرازی بر میزان سفتی میوه کنار هندی که در دمای ۱±٦ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۸ روز انبارمانی به علاوه یک روز ماندگاری در دمای محیط. (ZEO=اسانس آویشن شیرازیِ و AL=آلژینات)

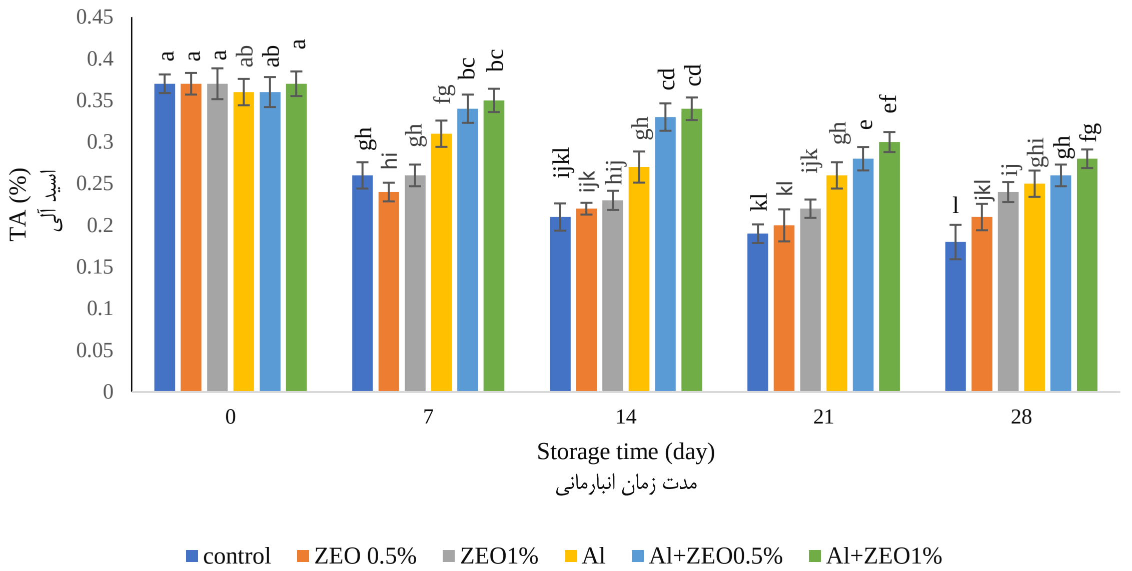
ستون‌های با حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 4. The effect of Al coating and ZEO on the Firmness (N/cm) of Ber fruit stored at 6±1°C for 28 days plus one day shelf life at ambient temperature. (ZEO: *Zataria multiflora* essential oil; Al: alginate)

The columns with the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test.

اسید قابل تیتراسیون (TA)

برهمکنش تیمار و زمان انبارمانی بر مقدار اسید آلی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. میزان اسید قابل تیتراسیون در طول زمان در تیمارها و شاهد با افزایش زمان انبارمانی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت؛ به طوری‌که کم‌ترین میزان اسید قابل تیتر میوه در تیمار شاهد در روز ۲۸ام (۰/۱۸ ٪) مشاهده گردید. در تیمارها نیز میزان اسید قابل تیتر میوه در طول زمان کاهش یافت ولی این کاهش بسیار کمتر از شاهد بود و تیمار آلژینات + اسانس آویشن ۱٪ میزان اسید قابل تیتر (۰/۲۸ ٪) بالاتری در مقایسه با سایر تیمارها داشت (شکل ۵). پوشش خوراکی ترکیبی سبب حفظ میزان اسیدهای آلی میوه شد که نتایج این بررسی همسو با نتایج محققین دیگر بر هلو (Maftoonazad *et al*., 2008) و گلابی (Moraes *et al*., 2012) است. در طول رسیدن و پیری محتوای اسید میوه به‌عنوان یک ماده مهم در متابولیسم تنفس کاهش می‌یابد در نتیجه، افزایش تنفس منجر به کاهش اسیدیته می‌شود؛ بنابراین میزان اسید میوه شاخص مناسبی برای میزان تنفس آن است (Valero *et al*., 2013). در میوه کنار طی مدت نگهداری به‌ویژه در شرایط دمای پایین انبار، میزان اسید میوه کاهش یافت که می‌تواند به دلیل شکسته‌شدن اسید به قند در طی تنفس، میوه باشد. در این پژوهش نیز میزان اسید کل با گذشت زمان انبارمانی کاهش یافت؛ اما تیمار آلژینات+ اسانس قادر به حفظ و افزایش اسیدیته نسبت به شاهد بود. در بین تیمارها، تیمار آلژینات + اسانس آویشن شیرازی ۱٪ تأثیر بیشتری در افزایش اسیدیته داشت. پوشش‌های خوراکی از طریق تغییر اتمسفر درونی و کاهش میزان تنفس، تغییرات اسیدهای آلی به قند را در میوه‌های پوشش داده شده کاهش می‌دهند در واقع مصرف اسیدهای آلی که به‌عنوان سوبسترای واکنش تنفس می‌باشند، کاهش یافته و سبب حفظ بیشتر اسید قابل تیتراسیون میوه می‌گردد (Eshghi *et al*., 2014).



شکل ۵- اثر پوشش آلژینات و اسانس آویشن شیرازی بر میزان اسید آلی میوه کنار هندی که در دمای ۱±٦ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۸ روز انبارمانی به علاوه یک روز ماندگاری در دمای محیط. (ZEO=اسانس آویشن شیرازیِ و AL=آلژینات)

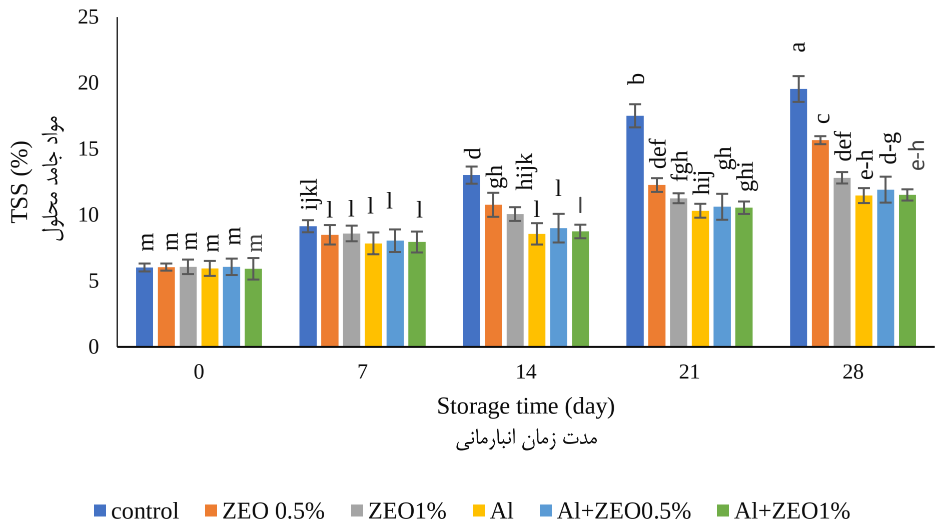
ستون‌های با حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 5. The effect of Al coating and ZEO on the TA (mlg) of Ber fruit stored at 6±1°C for 28 days plus one day shelf life at ambient temperature. (ZEO: *Zataria multiflora* essential oil; Al: alginate)

The columns with the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test.

کل مواد جامد محلول (TSS)

همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود کل مواد جامد محلول در طول زمان در تیمارها و شاهد با افزایش زمان انبارمانی به‌طور معنی داری افزایش یافت؛ به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان مواد جامد محلول میوه در تیمار شاهد در روز ۲۸ام (۱۹/۵۵ درصد) مشاهده گردید. در سایر تیمارها نیز میزان کل مواد جامد محلول میوه در طول زمان افزایش یافت ولی این افزایش بسیار کمتر از شاهد بود. در مجموع با کاربرد آلژینات و اسانس آویشن شیرازی یک درصد (۱۱/۵۲ درصد)کم ترین میزان مواد جامد محلول در مقایسه با سایر تیمارها مشاهده شد که این میزان با تیمار آلژینات و آلژینات + اسانس آویشن شیرازی نیم درصد تفاوت معنی‌داری نداشت. مواد جامد محلول حاوی اجزای مهم به‌ویژه قندها و اسیدهای آلی هستند که مسئول طعم و پذیرش محصول توسط مصرف‌کننده می‌باشند (Garcia *et al.*, 2012). در واقع با رسیدن میوه‌ها میزان مواد جامد محلول افزایش می‌یابد و پوشش‌دهی میوه‌ها تغییراتی که موجب رسیدن محصول می‌شود را کند می‌کند (Meng *et al.*, 2007). همانطورکه در شکل ۶ ملاحظه می‌گردد، همچنین کاهش اکسیژن موجود در اطراف میوه (به‌دلیل پوشش‌دهی با اسانس و آلژینات) تبدیل نشاسته به قند را به تأخیر می‌اندازد و از هیدرولیز پلی‌ساکاریدهای ساختاری به منومرهای خود جلوگیری می کند (Thumula, 2006) از طرفی به نظر می‌رسد یکی از دلایل تجمع مواد جامد محلول در نمونه‌های شاهد، افزایش از دست‌دهی آب باشد از طرفی حلالیت‌پذیری پلی‌یورونیدها و همی‌سلولزهای دیواره سلولی در میوه کنار بالغ، ممکن است به افزایش در محتوای مواد جامد محلول کمک کند (Guerreiro *et al.*, 2015). پوشش یک لایه نیمه‌نفوذپذیر ایجاد می‌کند و تبخیر و تعرق را کاهش داده و با کاهش سرعت تنفس سبب کاهش مواد جامد محلول در میوه پوشش‌داده شده نسبت به شاهد می‌گردد (Ghasemi *et al.*, 2016). با افزایش زمان انبارمانی مقدار محتوای مواد جامد محلول نیز افزایش یافت که با نتایج کار محققین دیگر همخوانی دارد (Hernandez- Munos *et al.*, 2008; Tanada-Palmo & Graso, 2005).



شکل ٦- اثر پوشش آلژینات و اسانس آویشن شیرازی بر میزان مواد جامد محلول میوه کنار هندی که در دمای ١±٦ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۸ روز انبارمانی به علاوه یک روز ماندگاری در دمای محیط. (ZEO=اسانس آویشن شیرازیِ و AL=آلژینات)

ستون‌های با حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 6. The effect of Al coating and ZEO on the TSS of Ber fruit stored at 6±1°C for 28 days plus one day shelf life at ambient temperature. (ZEO: *Zataria multiflora* essential oil; Al: alginate)

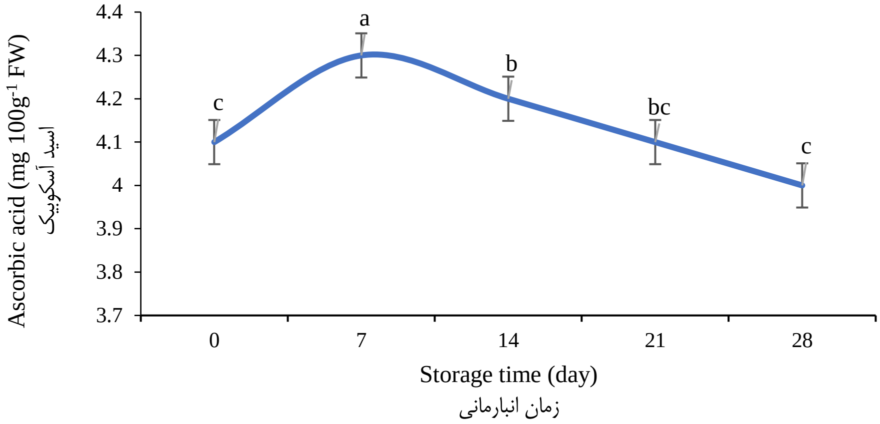
The columns with the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test.

اسیدآسکوربیک

مقایسه میانگین اثر زمان بر اسیدآسکوربیک نشان داد که اسیدآسکوربیک در طول زمان تا روز هفتم افزایش معنی‌داری یافت و سپس با افزایش زمان انبارمانی کاهش یافت؛ به‌طوری‌که بیش‌ترین و کم‌ترین میزان اسیدآسکوربیک به‌ترتیب در روزهای هفتم و بیست‌و هشتم (۴/۳ و ۴ میلی‌گرم) مشاهده گردید (شکل ۷).

مقایسه میانگین اثر تیمار بر اسیدآسکوربیک نشان داد که تیمارها اثر معنی‌داری بر میزان اسیدآسکوربیک داشتند و میزان اسیدآسکوربیک را بطور معنی‌دار در مقایسه با شاهد افزایش دادند، هر چند تفاوت معنی‌دار بین تیمارها مشاهده نشد (شکل ۸).

مقدار اسیدآسکوربیک طی انبارمانی روند کاهشی داشت. از طرف دیگر در بین تیمارهای مختلف آلژینات به همراه اسانس آویشن بیشترین میزان اسیدآسکوربیک را دارا بود. به‌طور معمول، مقدار اسیدآسکوربیک با گذشت زمان انبارمانی کاهش می‌یابد؛ همان طور که در این پژوهش نیز کاهش یافت. این کاهش در نتایج به‌دست آمده از پژوهش‌های انجام‌شده بر روی میوه گواوا (Nair *et al.*, 2018) و توت‌فرنگی (Gol *et al.*, 2013) نیز گزارش شده است. اسکوربیک اسید به‌عنوان یک ماده تغذیه‌ای و آنتی‌اکسیدانی با از بین بردن گونه های اکسیژن واکنشی می‌تواند به جلوگیری از پیری کمک کند. کاهش میزان اسیدآسکوربیک در طول دوره انبارمانی به‌دلیل فعالیت آنزیم آسکوربیک اسید اکسیداز است که آسکوربیک‌اسید را به دهیدرو آسکوربیک‌اسید و فنل اکسیداز تبدیل می‌کند. از دلایل دیگر کاهش اسیدآسکوربیک، اتو اکسیداسیون است که این پدیده به‌طور خود به خودی هنگامی که آسکوربیک‌اسید با اکسیژن هوا ترکیب می‌شود، اتفاق می‌افتد (Sogvar *et al.*, 2016). برخی محققین فرآیندهای اکسیداتیو را عامل اصلی تخریب اسیدآسکوربیک در بافت میوه‌ها بیان کردند و دریافتند که این فرآیندها در حضور نور، اکسیژن، حرارت و آنزیم‌های اکسیدکننده تسریع می‌شود (Pooraziz *et al.*, 2019). همچنین به‌نظر می‌رسد دلیل کاهش تخریب اسیدآسکوربیک با کاربرد پوشش‌های خوراکی در مطالعه حاضر، کاهش نفوذپذیری این پوشش‌ها به اکسیژن و نقش اسانس‌ها در ممانعت از نفوذ گازها است که کاهش سرعت رسیدن و تأخیر در واکنش‌های اکسیداسیون اسیدآسکوربیک در میوه را به دنبال دارند (Sogvar *et al.*, 2016).

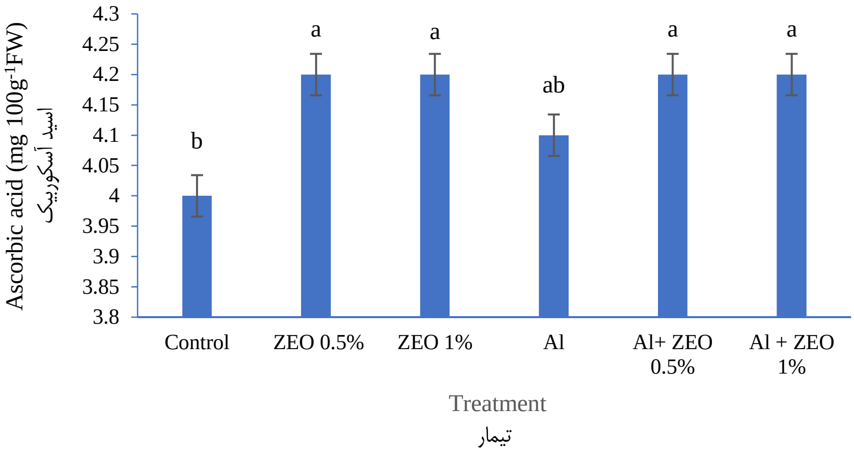


شکل ۷- تأثیر زمان انبارمانی بر میزان اسیدآسکوربیک میوه کنار هندی

حروف کوچک مشابه نشان‌دهنده تفاوت غیر معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ با استفاده از آزمون دانکن است.

Fig. 7. Effect of storage time on Ascorbic acid of Ber fruit

Similar small letters indicate non-significant difference at 1% level of probability using Duncan's multiple range test.



شکل ۸- تأثیر پوشش آلژینات و اسانس آویشن شیرازی بر میزان اسید آسکوربیک میوه کنار هندی

(ZEO= اسانس آویشن شیرازیِ و AL=آلژینات)

Fig. 8. Effect of Al coating and ZEO on Ascorbic acid of Ber fruit

(ZEO: *Zataria multiflora* essential oil; Al: alginate)

محتوای کارتنوئید و کلروفیل کل

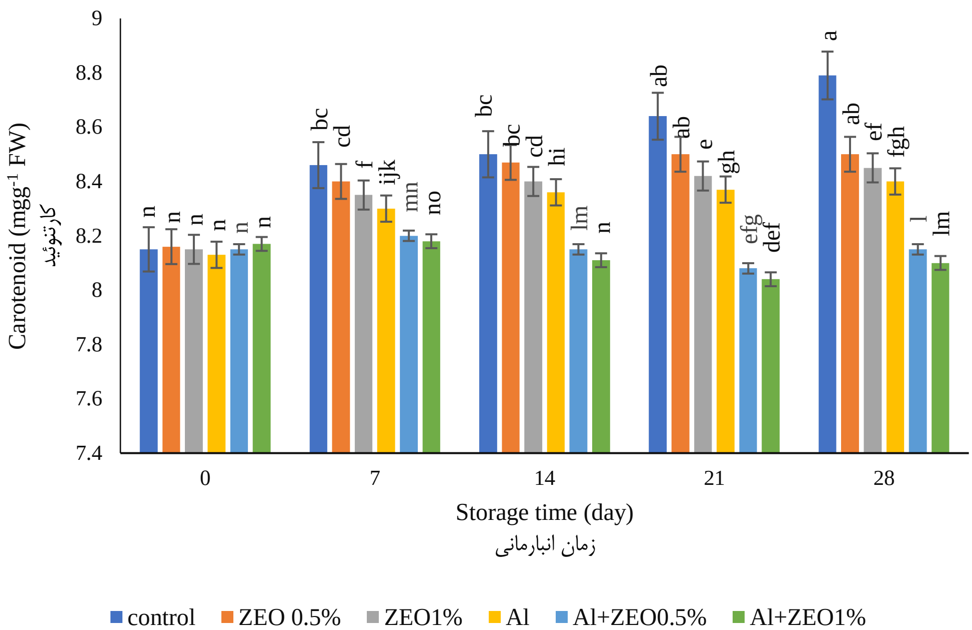
تأثیر تیمار آلژینات غنی شده با اسانس آویشن در طی دوره نگهداری بر محتوای کارتنوئید و کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که میزان کارتنوئید کل میوه تا روز ۲۱ام در تیمارهای شاهد و اسانس آویشن افزایش معنی‌داری یافت اما افزایش آن تا روز ۲۸ام معنی‌دار نبود. همانطور که در شکل ۹ نشان داده شده است تیمار آلژینات + اسانس آویشن شیرازی یک درصد و آلژینات + اسانس آویشن شیرازی نیم‌درصد به‌ترتیب با مقدار ۸/۱ و ۸/۱۵ (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) با اختلاف معنی‌داری در مقایسه با شاهد (۸/۷۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و سایر تیمارها مقدار کاروتنوئید کمتری نشان دادند. برخی پژوهشگران گزارش نموده‌اند که میزان کاروتنوئیدها در میوه کنار با گذشت زمان و عبور از مراحل مختلف نموی، افزایش می‌یابد (Reche *et al*., 2021) که با نتایج این آزمایش همسو می‌باشد. استفاده از پوشش خوراکی هیدروکسی پروپیل‌متیل سلولز روی گواوا (Vishwasrao *et al*., 2016) و صمغ خوراکی حاوی اسانس میخک روی پاپایا (Joshi *et al*., 2017) تخریب کلروفیل را به تأخیر انداخته بود و در نتیجه تغییر رنگ میوه که ناشی از تخریب کلروفیل و تحریک سنتز رنگیزه‌های دیگر مانند کارتنوئیدها می‌باشد را

کاهش دهد،که این نتایج با تغییر کاروتنوئید میوه‌های کنار پوشش داده شده با آلژینات و اسانس آویشن شیرازی مطابقت دارد.

محتوای کلروفیل در طی زمان کاهش یافت که نشان‌دهنده تغییر رنگ میوه از سبز به زرد می‌باشد (شکل ۱۰). در انتهای دوره انبارمانی حداکثر میزان کلروفیل کل در میوه‌های تیمار شده با آلژینات + اسانس آویشن شیرازی یک درصد (۳/۱۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و کمترین میزان آن در تیمار شاهد (۲/۲۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر) به‌دست آمد (شکل ۱۰).

محتوای کلروفیل در پوست میوه کنار با رنگ میوه ارتباط مستقیم دارد. رسیدن در کنار با تغییرات رنگ پوست از سبز به زرد مشخص می‌شود. در این آزمایش میزان کلروفیل در میوه‌ها در طی زمان کاهش یافت ولی میوه‌های تیمار شده با پوشش آلژینات غنی شده با اسانس آویشن شیرازی در انتهای دوره نگهداری محتوای کلروفیل بالاتری در مقایسه با میوه‌های بدون پوشش نشان دادند. همسو با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، کاربرد پوشش‌های خوراکی غنی شده با اسانس در میوه گوآوا، گوجه‌فرنگی و فلفل شیرین محتوای کلروفیل بالاتری را نشان دادند (Gurjar *et al*., 2018; Ali *et al*., 2010; Xing *et al*., 2011).

اثرات بازدارنده آلژینات احتمالاً به‌خاطر ویژگی‌های نگهدارنده آن به‌عنوان یک پوشش خوراکی می‌باشد که اتمسفر داخلی میوه را تغییر می‌دهد (کاهش اکسیژن و افزایش دی‌اکسید کربن) و باعث کاهش فرآیند اکسیداسیون می‌گردد (Gurjar *et al*., 2018) کاهش محتوای کلروفیل به‌خاطر فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده کلروفیل مانند کلروفیلاز، کلروفیل اکسیداز و پراکسیداز در طول رسیدن اتفاق می‌افتد. کاهش در سرعت تجزیه کلروفیل در فرآیند رسیدن به‌دلیل کاهش در فعالیت این آنزیم‌ها می‌باشد (Valiathan & Athmaselvi, 2018). به‌نظر می‌رسد پوشش‌های خوراکی و اسانس از طریق کاهش فعالیت این آنزیم‌ها سرعت تجزیه کلروفیل را کاهش می‌دهند.

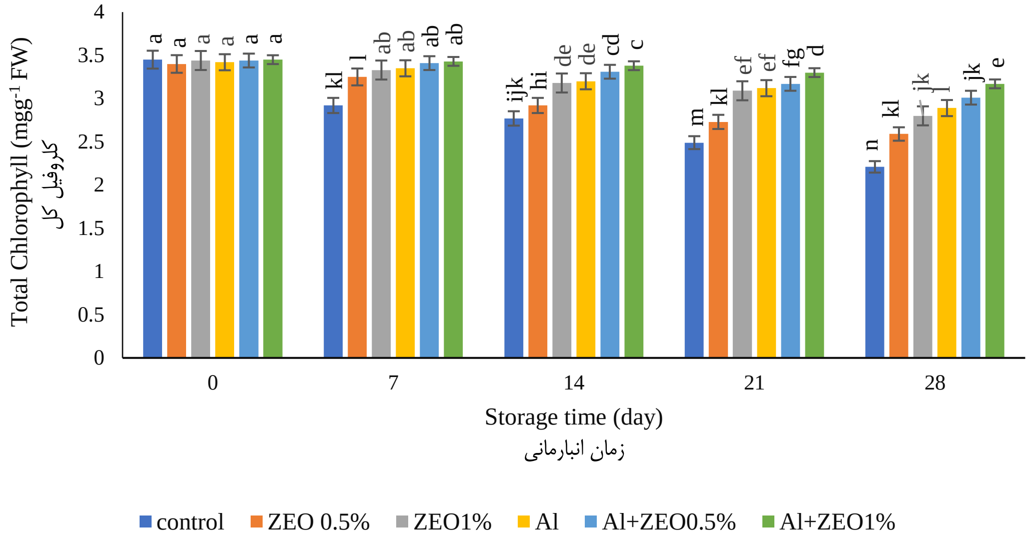


شکل ۹- اثر پوشش آلژینات و اسانس آویشن شیرازی بر میزان محتوای کارتنوئید میوه کنار هندی که در دمای ۱±٦ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۸ روز انبارمانی به علاوه یک روز ماندگاری در دمای محیط. (ZEO=اسانس آویشن شیرازیِ و AL=آلژینات)

ستون‌های با حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 9. The effect of Al coating and ZEO on the Carotenoid of Ber fruit stored at 6±1°C for 28 days plus one day shelf life at ambient temperature. (ZEO: *Zataria multiflora* essential oil; Al: alginate)

The columns with the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test.



شکل ۱۰- اثر پوشش آلژینات و اسانس آویشن شیرازی بر میزان کلروفیل کل میوه کنار هندی که در دمای ۱±٦ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۸ روز انبارمانی به علاوه یک روز ماندگاری در دمای محیط. (ZEO=اسانس آویشن شیرازی و AL=آلژینات)

ستون‌های با حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

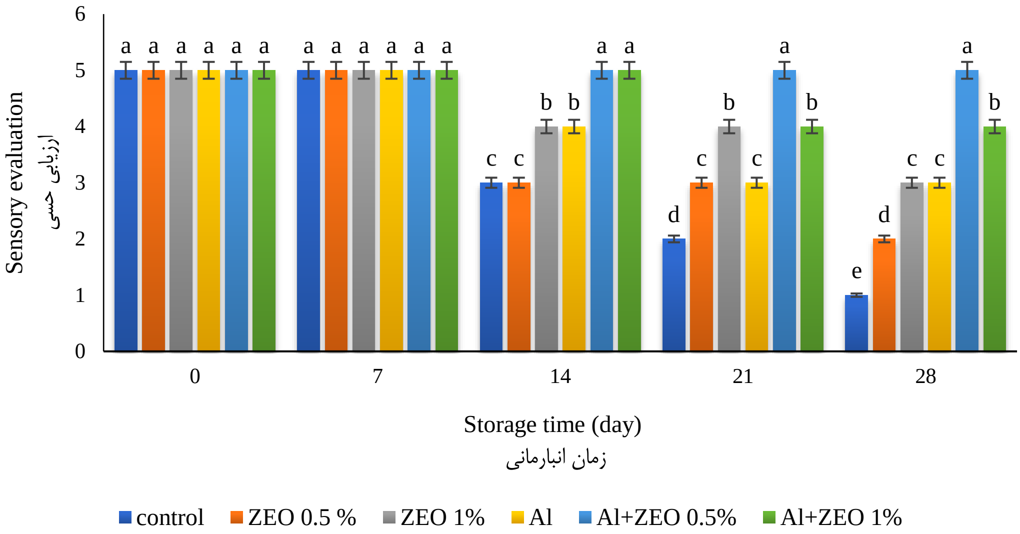
Fig. 10. The effect of Al coating and ZEO on the Total Chlorophyll of Ber fruit stored at 6±1°C for 28 days plus one day shelf life at ambient temperature. (ZEO: *Zataria multiflora* essential oil; Al: alginate)

The columns with the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test.

ارزیابی حسی کیفیت میوه

پس از ۲۸ روز انبارمانی، بهترین ارزیابی حسی کیفیت میوه در میوه‌های تیمار شده با آلژینات + اسانس آویشن ۰/۵ ٪ مشاهده شد که در مقایسه با شاهد اختلاف معنی‌داری نشان دادند. با توجه به نمره‌دهی ارزیاب‌ها در طول مدت انبارمانی، شاخص کیفیت میوه در تیمار شاهد کاهش یافت و در روزهای ۲۱ و ۲۸ بازارپسندی خود را ازدست دادند اما میوه‌های تیمار شده با پوشش آلژینات+ اسانس آویشن ۰/۵ ٪ توانستند کیفیت ظاهری مطلوب خود را تا آخرین روز انبارمانی حفظ کنند. سایر میوه‌های تیمار شده نیز ارزیابی حسی مطلوب‌تری نسبت به میوه‌های شاهد داشتند (شکل ۱۱).

پذیرش میوه‌های تیمار شده با پوشش‌های خوراکی توسط مصرف کنندگان یک مسئله مهم می‌باشد زیرا این پوشش‌ها می‌توانند باعث تغییر خواص حسی میوه شوند. از این‌رو ارزیابی حسی از اهمیت زیادی برخوردار است زیرا تیمارها و زمان انبارمانی می‌توانند کیفیت خوراکی میوه را تغییر دهند (Rojas-Grau *et al*., 2009). مطابق با نتایج این پژوهش پارامترهای حسی مربوط به پسته پوشش داده شده با صمغ عربی نیز حاکی از آن است که این پوشش در افزایش نمره‌دهی پارامترهای کیفی مثل ظاهر، درخشش مغز، کاهش عطر وطعم نامطلوب مؤثر بود (Hashemi *et al*., 2021b). همچنین کاربرد صمغ روی بذر کاج در پارامترهای ارزیابی حسی مثل رنگ محصول، عطر و طعم نقش مثبت داشت. این پوشش با سد کردن نفوذ اکسیژن به بافت از واکنش‌های ناخواسته اکسیداسیون و تغییر رنگ محصول جلوگیری می‌کند (Haq *et al*., 2013). افزودن اسانس گیاهی به پوشش‌ها به‌جای افزودن مستقیم این مواد به محصول باعث رهاسازی کنترل شده این مواد شده و به این ترتیب عملکرد آن‌ها را بهبود می‌بخشد. در پژوهشی دیگر زمانی‌که از ترکیب آنتی‌اکسیدان ژلاتین به‌عنوان پوشش خوراکی پسته استفاده شد امتیاز حسی به‌طور معنی‌داری بیشتر از زمانی بود که از این ترکیبات آنتی‌اکسیدانی به تنهایی روی محصول استفاده شدند (Khoshnoodnia *et al*., 2013).



شکل ۱۱- اثر پوشش آلژینات و اسانس آویشن شیرازی بر ارزیابی حسی میوه کنار هندی که در دمای ۱±٦ درجه سلسیوس به‌مدت ۲۸ روز انبارمانی به‌علاوه یک روز ماندگاری در دمای محیط. (ZEO=اسانس آویشن شیرازیِ و AL=آلژینات)

ستون‌های با حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 11. The effect of Al coating and ZEO on the Sensory evaluation of Ber fruit stored at 6±1°C for 28 days plus one day shelf life at ambient temperature. (ZEO: *Zataria multiflora* essential oil; Al: alginate)

The columns with the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test.

نتیجه‌گیری

مطالعات نسبتا کمی در مورد بررسی عمر انبارمانی میوه کنار انجام شده است و این مطالعه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی میوه کنار را در طول نگه‌داری در دمای ۶ درجه سلسیوس در انبار بررسی کرده است. نتایج تیمارهای اعمال شده نشان داد که اعمال پوشش خوراکی به‌همراه اسانس، کیفیت ظاهری میوه را در مقایسه با میوه‌های شاهد تیمار نشده تا روز ۲۸ام حفظ نمودند، در حالی‌که میوه های شاهد کیفیت خود را تا روز ۱۴ام نسبتاً حفظ کردند. علاوه بر این، پوشش خوراکی آلژینات غنی شده با اسانس آویشن شیرازی در مقایسه با استفاده از هر یک از پوشش‌های خوراکی و اسانس به تنهایی در حفظ کیفیت میوه در طول ذخیره‌سازی مؤثرتر بود. به‌طور کلی، استفاده از آلژینات و اسانس آویشن شیرازی در حفظ خصوصیات کیفی و پارامترهای بیوشیمیایی در طول ۲۸ روز انبارمانی مؤثر بوده است. این تیمار ترکیبی درصد کاهش وزن، سرعت تنفس، درصد پوسیدگی و نرم شدن بافت میوه را کاهش داد. در واقع اسانس آویشن و آلژینات با ایجاد پوشش نیمه‌نفوذپذیر روی سطح میوه منجر به محدود شدن متابولیسم تنفس میوه و رشد قارچ شده، بنابراین موجب به تأخیر انداختن روند رسیدن، کاهش ترکیبات غذایی، اسید آسکوربیک و اسیدیته کل و در نتیجه افزایش مواد جامد محلول می‌گردد. با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش و در راستای سیاست‌ها و اهداف توسعه بخش کشاورزی مبنی بر کاهش ضایعات پس از برداشت محصول، افزایش بهره‌وری و اتخاذ روش‌های علمی و عملی نگهداری میوه به‌منظور حفظ و توسعه بازارهای داخل و خارج کشور و نیز استفاده از مواد و روش‌های طبیعی به جای روش‌های شیمیایی، استفاده از اسانس آویشن شیرازی ۰/۵ درصد در ترکیب با پوشش آلژینات به‌دلیل اثرات مفید بر ویژگی‌های ظاهری و فیزیکوشیمیایی میوه کنار در طی دوره نگهداری توصیه می‌شود.

میزان مشارکت

عالیه رفعت حقیقی: گردآوری داده‌ها، بررسی، روش‌شناسی، نرم افزار، نگارش پیش‌نویس اصلی. **لیلا جعفری، عبدالمجید میرزاعلیان دستجردی، فرزین عبدالهی:** مفهوم‌سازی، مدیریت داده‌ها، مدیریت پروژه، جذب سرمایه، بررسی نگارشی و ویرایش.

منابع تأمین مالی

این تحقیق توسط پارک علم و فناوری هرمزگان و دانشگاه هرمزگان پشتیبانی مالی شد.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از حمایت‌های مالی پارک علم و فناوری هرمزگان و دانشگاه هرمزگان مراتب قدردانی و سپاس خود را اعلام می‌دارند.

References

1. Abad Ullah, N.A., Abbasi, M., & Qureshi A.A. (2017). Influence of edible coatings on biochemical fruit quality and storage life of bell pepper cv. (Yolo Wonder). *Journal of Food Quality*, *10*(2), 1-11. https://doi.org/10.1155/2017/2142409
2. Ahmadzadeh Ghavidel, R., Gheiafe davoodi, M., Tanoori, T., & Sheikholeslami, Z. (2011). Investigating the effect of four edible coatings of soy protein isolate, whey protein concentrate, carrageenan and alginate in increasing shelf life of pear slices (*Pyrus communis*). *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, *4*(3), 47-54.
3. Ali, A., Maqbool, M., Ramachandran, S., & Alderson, P.G. (2010). Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *58*(1), 42-47. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.05.005
4. Ameh, B.A., Gernah, D.I., Obioha, O., & Ekuli, G.K. (2015), Production, quality evaluation and sensory acceptability of mixed fruit juice from Pawpaw and Lime. *Food and Nutrition Sciences*, *06*(05), 532-537. https://doi.org/10.4236/fns.2015.65055
5. Azarakhsh, N., Osman, A., Ghazali, H.M., Tan, C.P., & Adzahan, N.M. (2014). Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple. *Postharvest Biology and Technology*, *88*, 1-7. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.09.004
6. Bonilla, J., Atares, L., Vargas, M., & Chiralt, A. (2012). Effect of essential oils and omogenization conditions on properties of chitosan-based films. *Food Hydrocolloids*, *26*, 9-16. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.03.015
7. Choi, W.S., Singh, S., & Lee, Y.S. (2016). Characterization of edible film containing essential oils in hydroxypropyl methylcellulose and its effect on quality attributes of ‘Formosa’plum (*Prunus salicina* L.). *LWT-Food Science and Technology*, *70*(4), 213–222. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.036
8. Dashipour, A., Razavilar, V., Hosseini, H., Shojaee-Aliabadi, S., German, J.B., & Ghanati, K. (2015). Antioxidant and antimicrobial carboxymethyl cellulose films containing *Zataria multiflora* essential oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, *72*, 606–613. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.09.006
9. Ehteshami, S., Dastjerdi, A.M., Ramezanian, A., Etemadipoor, R., Abdollahi, F., & Salari, M. (2021). Effects of edible alginate coating enriched with organic acids on quality of mango fruit during storage. *Journal of Food Measurement and Characterization, 16*, 400-409. https://dio.org/10.1007/s11694-021-01166-4
10. Eshghi, S., Hashemi, M., Mohammadi, A., Badie, F., Mohammad Hosseini, Z., Ahmadi, S.K., & Ghanati, K. (2014). Effect of nano-emulsion coating containing chitosan on storability and qualitative characteristics of strawberries after picking. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology, 8*(2), 9-19.
11. Etemadipoor, R., Dastjerdi, A.M., Ramezanian, A., & Ehteshami S. (2020). Ameliorative effect of gum arabic, oleic acid and/or cinnamon essential oil on chilling injury and quality loss of guava fruit. *Scientia Horticulturae, 266*, 109255. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109255
12. Etemadipoor, R., Ramezanian, A., Dastjerdi, A.M., & Shamili, M. (2019). The potential of gum arabic enriched with cinnamon essential oil for improving the qualitative characteristics and storability of guava (*Psidium guajava* L.) fruit. *Scientia Horticulturae, 251*, 101–107. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.03.021
13. Fan, F., Tao, N., Jia, L., & He, X. (2014). Use of citral incorporated in postharvest wax of citrus fruit as a botanical fungicide against *Penicillium digitatum*. *Postharvest Biology and Technology*, *90*, 52-55. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.12.005
14. Fan, Y., Xu, Y., Wang, D., Zhang, L., Sun, J., Sun, L., & Zhang, B. (2009). Effect of alginate coating combined with yeast antagonist on strawberry (*Fragaria× ananassa*) preservation quality. *Postharvest Biology and Technology*, *53*(1), 84-89. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.12.005
15. Garcia, L.C., Pereira, L.M., Sarantópoulos, L., Claire, I.G., & Hubinger, M.D. (2012). Effect of antimicrobial starch edible coating on shelf-life of fresh strawberries. *Packaging Technology and Science*, *25*(7), 413-425. https://doi.org/10.1002/pts.987
16. Ghasemi, M., Ramin, A.A., & Amini, F. (2016). The effect of coating containing chitosan on quality and Increase post-harvest life cucumber cv zomorod. *Journal of Production and Processing of Crop and Gardening*, *5*(15). http://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.5.15.189
17. Gol, N.B., Patel, P.R., & Rao, T.R. (2013). Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. *Postharvest Biology and Technology*, *85*, 185-195. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.06.008
18. Guerreiro, A.C., Gago, C.M., Faleiro, M.L., Miguel, M.G., & Antunes, M.D. (2015). The use of polysaccharide-based edible coatings enriched with essential oils to improve shelf-life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, *110*, 51-60. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.06.019
19. Guerreiro, A.C., Gago, C.M., Faleiro, M.L., Miguel, M.G., & Antunes, M.D. (2015a). The use of polysaccharide-based edible coatings enriched with essential oils to improve shelf-life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, *110*, 51-60. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.06.019

20. Gurjar, P.S., Killadi, B., Lenka, J., & Shukla, D.K. (2018). Effect of gum Arabic coatings on physico-chemical and sensory qualities of Guava (*Psidium guajava* L.) cv. Shweta. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *7*(5), 3769-3775. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.704.424
21. Haq, MA., Alam, M.J., & Hasnain, A. (2013). Gum Cordia: A novel edible coating to increase the shelf life of Chilgoza (*Pinus gerardiana*). *LWT-Food Science and Technology*, *50*(1), 306-311.
22. Hashemi, M., Dastjerdi, A.M., Mirdehghan, S.H., Shakerardekani, A., & Golding, J.B. (2021a). Incorporation of *Zataria multiflora* Boiss essential oil into gum Arabic edible coating to maintain the quality properties of fresh in-hull pistachio (*Pistacia vera* L.). *Food Packaging and Shelf Life*, *30*, 0110. https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100724
23. Hashemi, M., Dastjerdi, A.M., Shakerardekani, A., & Mirdehghan, S.H. (2021b). Effect of alginate coating enriched with Shirazi thyme essential oil on quality of the fresh pistachio (*Pistacia vera* L.). *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, *58*, 34-43. https://doi.org/10.1007/s13197-020-04510-6
24. Hashemi, M., Shakerardekani, A., Dastjerdi, A.M., & Mirdehghan, S.H. (2021c). Effect of sodium alginate in combination with *Zataria multiflora* Boiss. on phenolic compounds, antioxidant activity, and browning enzymes of fresh in-hull pistachio (*Pistacia vera* L.). *Journal of Food Quality*, 3193573. https://doi.org/10.1155/2021/3193573
25. Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Del Valle, V., Velez, D., & Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria× ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*, *110*(2), 428-435. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.020
26. Jiang, T., Feng, L., & Zheng, X. (2011). Effect of chitosan coating enriched with thyme oil on postharvest quality and shelf life of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *60*(1), 188-196. https://doi.org/10.1021/jf202638u
27. Joshi, A.V., Baraiya, N.S., Vyas, P.B., & Rao, T.R. (2017). Gum Ghatti based edible coating emulsion with an additive of clove oil improves the storage life and maintains the quality of Papaya (*Carica papaya* L., cv. Madhu bindu). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *6*(5), 160-174. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.605.019
28. Khoshnoudinia, S., Sedaghat, N., & Radmard-Ghadiri, GH.H. (2013). Effect of gelatin edible coating containing antioxidant agents on hardness, and color of roasted pistachio nuts. *JRIFST*, *2*(4), 295-310.
29. Krishna, H., Kumar, L., Haldhar, S.M., Singh, D., & Saro, P.L. (2018). Phenological growth stages of Indian jujube (*Ziziphus mauritiana* Lamk.) according to the BBCH scale. *Annals of Applied Biology*, *174*, 106–112. https://doi.org/10.1111/aab.12466
30. Lichtenthaler, H.K., & Buschmann, C. (2001). Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, *3*, 821-828. https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0403s01
31. Maftoonazad, N., Ramaswamy, H.S., & Marcotte, M. (2008). Shelf-life extension of peaches through sodium alginate and methyl cellulose edible coatings. *Food Science and Technology*, https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01444.x
32. Martinez, D., Guillen, S., Castillo, S., Valero, D., & Serrano, M. (2003). Modified atmosphere packaging maintains quality of table grapes. *Journal Food Science*, *68*, 1838-1843. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb12339.x
33. Meng, X., Li, B., Liu, J. & Tian, S. (2007). Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan preharvest spray and postharvest coating during storage. *Food Chemistry*, *101*, 501-508. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.06.012
34. Mi Moon, K., Kwon, E., Lee, B., & Young Kim, C.H. (2020). Recent trends in controlling the enzymatic browning of fruit and vegetable products. *Molecules*, *25*(12), 2754. https://doi.org/10.3390/molecules25122754
35. Moraes, K.S.D., Fagundes, C., Melo, M.C., Andreani, P., & Monteiro, A.R. (2012). Conservation of Williams pear using edible coating with alginate and carrageenan. *Food Science and Technology*, *32*(4), 679-684. https://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000106
36. Murmu, S.B., & Mishra, H.N. (2018). Selection of the best active modified atmosphere packaging with ethylene and moisture scavengers to maintain quality of guava during low-temperature storage. *Food Chemistry*, *253*, 55–62. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.134
37. Nair, M.S., Saxena, & A., Kaur, C. (2018). Effect of chitosan and alginate based coatings enriched with pomegranate peel extract to extend the postharvest quality of guava (*Psidium guajava* L.). *Food Chemistry*, *240*, 245-252. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.122
38. Pareek, S., & Yahia, E.M. (2013). Postharvest biology and technology of Ber fruit. *Horticulture Reviews*, *41*(1), 201-240. https://doi.org/10.1002/9781118707418.ch05
39. Pooraziz, S., Nazuri, F., Mirdehghan, S.H., & Esmaeilizadeh, M. (2019). The effect of sodium alginate coating on the shelf life of strawberry (*Fragaria ananassa*) variety Gaviota. *Iranian Journal of Horticultural Science*, *50*(3), 515-526.

40. Qiuping, Z., & Wenshui X. (2007). Effect of 1-methylcyclopropene and/or chitosan coating treatments on storage life and quality maintenance of Indian jujube fruit. *LWT- Food Science and Technology*, *40*(3), 404-411. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.01.003
41. Raybaudi-Massilia, R.M., Mosqueda-Melgar, J., & Martin-Belloso, O. (2008). Edible alginate-based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf-life and safety of fresh-cut melon. *International Journal of Food Microbiology*, *121*(3), 313-327. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.11.010
42. Reche, J., Almansa, M.S., Hernández, F., Amorós, A., & Legua, P. (2021). Physicochemical and antioxidant capacity of jujube (*Ziziphus jujuba* mill.) at different maturation stages. *Agronomy*, *11*(1), 132. https://doi.org/10.3390/agronomy11010132
43. Rojas-Grau, M.A, Soliva-Fortuny, R., & Martin-Belloso O. (2009). Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits. *Trends in Food Science and Technology*, *20*, 438–447. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.05.002
44. Rojas, Grau., A., Maria, S.T., & Olga, M.B. (2008). Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. *LWT- Food Science and Technology*, *44*, 139-147. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.01.009
45. Rojas-Grau, M.A., Tapia, M.S., Rodriguez, F.J., Carmona, A.J., & Martin-Belloso, O. (2007). Alginate and gellan based edible coatings as support of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apple. *Food Hydrocology*, *21*, 118−127. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.03.001
46. Saltveit, M.E. (2005). Postharvest biology and handling, in: Heuvelink, E. Ed., Tomatoes. *CAB International, Wallingford*, 305-324.
47. Siripatrawan, U., & Harte, B.R. (2010). Physical properties and antioxidant activity of an active film from chitosan incorporated with green tea extract. *Food Hydrocolloids*, *24*(8), 770–775. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.04.003
48. Sogvar, O.B., Saba, MK., & Emamifar, A. (2016). *Aloe vera* and ascorbic acid coatings maintain postharvest 'quality and reduce microbial load of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *114*, 29-35. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.11.019
49. Tanada-Palmu, P., & Grosso, C. (2005). Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. *Postharvest Biology and Technology*, *36*, 199–208. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.12.003
50. Thumula, P. (2006). Studies on storage behaviour of tomatoes coated with chitosan-lysozyme films. M.Sc. thesis. Department of Bioresource Engineering Faculty of Agricultural and Environmental Sciences. McGill University Montreal, Quebec, Canada, 128 pp.
51. Valero, D., Diaz-Mula, H.M., Zapata, P.J., Guillen, F., Martinez-Romero, D., Castillo, S., & Serrano, M. (2013). Effects of alginate edible coating on preserving fruit quality in four plum cultivars during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, *77*, 1-6. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.10.011
52. Valiathan, S., & Athmaselvi, K.A. (2018). Gum arabic based composite edible coating on green chillies. *International Agrophysics*, *32*(2), 193-202. https://doi.org/10.1515/intag-2017-0003
53. Vishwasrao, Ch., & Laxmi, A. (2016). Postharvest shelf-life extension of pink guavas (*Psidium guajava* L.) using HPMC-based edible surface coatings. *Journal of Food Science and Technology*, *53*, 1966-1974. https://doi.org/10.1007/s13197-015-2164-x
54. Wang, K.T., Jin, P., Cao, S.F., Shang, H.T., Yang, Z.F., & Zheng, Y.H. (2009). Methyl jasmonate reduces decay and enhances antioxidant capacity in Chinese bayberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *57*, 5809–5815. https://doi.org/10.1021/jf900914a
55. Wang, S.Y., & Gao, H. (2013). Effect of chitosan-based edible coating on antioxidants, antioxidant enzyme system, and postharvest fruit quality of strawberries (*Fragaria x aranassa* Duch.). *Food Science and Technology*, *52*(2), 71-79. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.05.003
56. Wittaya, T. (2012). Protein-based edible films: Characteristics and improvement of properties. *In Structure and Function of Food Engineering*. InTech.
57. Xing, Y., Li, X., Xu, Q., Yun, J., Lu, Y., & Tang, Y. (2011). Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Food Chemistry*, *124*(4), 1443-1450. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.07.105
58. Zheng, H., Liu, W., Liu, S., Liu, C., & Zheng, L. (2019). Effects of melatonin treatment on the enzymatic browning and nutritional quality of fresh-cut pear fruit. *Food Chemistry*, *299*, 1-18. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125116